

BRUCHMECHANISCHER FESTIGKEITSNACHWEIS FÜR MASCHINENBAUTEILE

4. Ausgabe, 2018

Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile

4. Ausgabe, Stand 2018

<i>Inhalt</i>	<i>Seite</i>	2.3	Werkstoffzustand	
0 Allgemeines	9	2.3.1	Allgemeines	31
0.1 Zielsetzung und Anwendungsbereich	9	2.3.2	Mechanisch-technologische Eigenschaften	31
0.2 Referenzdokumente	9	2.3.2.1	Kenngrößen	31
0.3 Aufgabenstellung und Lösungsweg	9	2.3.2.2	Einflussfaktoren	32
0.4 Zusammenfassung, Arbeitsschritte	11	2.3.2.3	Experimentelle Bestimmung	32
1 Grundlagen und Konzept	15	2.3.3	Bruchmechanische Eigenschaften bei statischer Beanspruchung	33
1.0 Übersicht, Allgemeines	15	2.3.3.1	Kenngrößen	33
1.1 Auswirkung von Fehlern auf die Bauteilfestigkeit	15	2.3.3.2	Einflussfaktoren	34
1.2 Grenzzustände	16	2.3.3.3	Experimentelle Bestimmung	35
1.3 Bruchmechanische Konzepte	16	2.3.4	Bruchmechanische Eigenschaften bei zyklischer Beanspruchung	36
1.3.1 Allgemeines	16	2.3.4.1	Kenngrößen	36
1.3.2 Linear-elastische Bruchmechanik	17	2.3.4.2	Einflussfaktoren	38
1.3.3 Elastisch-plastische Bruchmechanik	17	2.3.4.3	Experimentelle Bestimmung	38
1.3.4 Bewertungsdiagramme bei statischer Beanspruchung	18	2.3.5	Streuung der Werkstoffkennwerte	39
1.3.5 Zyklische Beanspruchung	19	3 Modellbildung		41
1.4 Fehlerbewertungskonzept dieser Richtlinie	19	3.0 Übersicht, Arbeitsschritte		41
2 Eingangsgrößen	21	3.1 Rissmodell		42
2.0 Übersicht, Arbeitsschritte	21	3.1.1 Allgemeines		42
2.1 Fehlerzustand	22	3.1.2 Umsetzung von ZfP-Anzeigen in Fehlerabmessungen		42
2.1.1 Allgemeines	22	3.1.3 Fehlerorientierung		44
2.1.2 Fehlerbeschreibung	23	3.1.4 Fehlerform		44
2.1.3 Fehlererkennung und -messung	23	3.1.5 Wechselwirkungen mehrerer Fehler		46
2.1.3.1 Zerstörungsfreie Prüfverfahren	23	3.2 Strukturmodell		49
2.1.3.2 Fehlererkennbarkeit	23	3.2.1 Allgemeines		49
2.1.3.3 Prüfnormen	24	3.2.2 Vereinfachung der Geometrie		49
2.1.4 Fertigungsqualität	24	3.2.3 Vereinfachung der Beanspruchung		50
2.2 Beanspruchungszustand	25	3.3 Beanspruchungsparameter		52
2.2.1 Allgemeines	25	3.3.1 Allgemeines		52
2.2.2 Statische Beanspruchung	25	3.3.2 Spannungsintensitätsfaktor		52
2.2.3 Zyklische Beanspruchung	26	3.3.2.1 Definition und Anwendung		52
2.2.3.1 Konstante Schwingbreite	26	3.3.2.2 Berechnung		52
2.2.3.2 Variable Schwingbreite	27	3.3.3 Beanspruchungsparameter J und δ		53
2.2.3.3 Berücksichtigung von Eigenspannungen	28	3.3.4 T -Stress und Q -Faktor		54
2.2.3.4 Berücksichtigung von Reihenfolgeeinflüssen	28	3.3.4.1 Definition und Anwendung		54
		3.3.4.2 Berechnung		54
		3.3.5 FAD-Parameter K_r		54
		3.3.5.1 Definition und Anwendung		54
		3.3.5.2 Berechnung		54
		3.3.6 Plastifizierungsgrad L_r		55
		3.3.6.1 Definition und Anwendung		55

3.3.6.2	Berechnung	55	4.3.3	Berechnung bei statischer Beanspruchung	78
3.4	Werkstoffkennwerte	56	4.3.4	Berechnung bei zyklischer Beanspruchung	78
3.4.1	Allgemeines	56	4.3.5	Empfehlungen aus anderen Regelwerken	79
3.4.2	Mechanisch-technologische Kennwerte	57	4.4	Berücksichtigung von dynamischer Beanspruchung	80
3.4.3	Bruchmechanische Kennwerte bei statischer Beanspruchung	59	4.4.1	Allgemeines	80
3.4.3.1	Direkte Ermittlung aus Versuchswerten	59	4.4.2	Modellbildung	80
3.4.3.2	Abschätzung aus der verbrauchten Schlagenergie	60	4.4.2.1	Rissmodell	80
3.4.3.3	Weitere Abschätzungen der Risszähigkeit	61	4.4.2.2	Strukturmodell	80
3.4.4	Bruchmechanische Kennwerte bei zyklischer Beanspruchung	62	4.4.2.3	Beanspruchungsparameter	80
4	Berechnungen	63	4.4.2.4	Werkstoffkennwerte	80
4.0	Übersicht, Arbeitsschritte	63	4.4.3	Bewertung bei dynamischer Beanspruchung	82
4.1	Berechnung bei statischer Beanspruchung	64	4.5	Berücksichtigung von Spannungs-risskorrosion	83
4.1.1	Allgemeines	64	4.5.1	Allgemeines	83
4.1.2	FAD-Konzept	64	4.5.2	Modellbildung	84
4.1.2.1	Bestimmung der Versagensbedingungen für den Grenzzustand Rissinitiierung	65	4.5.2.1	Rissmodell	84
4.1.2.2	Bestimmung der Versagensbedingungen für den Grenzzustand Rissinstabilität	65	4.5.2.2	Strukturmodell	84
4.1.2.3	Qualität der Eingabedaten	65	4.5.2.3	Beanspruchungsparameter	84
4.1.3	Grenzkurven	66	4.5.2.4	Werkstoffkennwerte	84
4.1.3.1	Allgemeines	66	4.5.3	Berechnung bei statischer Beanspruchung	85
4.1.3.2	Basis-Ebene	66	4.6	Probabilistische Berechnung	86
4.1.3.3	Erweiterungs-Ebene	67	4.6.1	Allgemeines	86
4.1.4	Ermittlung des FAD-Parameters K_r	67	4.6.2	Fehlerzustand	86
4.1.4.1	Ermittlung des Interaktionsparameters V	67	4.6.3	Beanspruchungszustand	88
4.1.4.2	Ermittlung des plastisch korrigierten SIF K_{Js}	69	4.6.4	Werkstoffzustand	88
4.1.5	Ermittlung des FAD-Parameters L_r	69	4.6.5	Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit	88
4.1.6	Ermittlung der Constraint-Korrektur	69	5	Nachweis	90
4.1.6.1	Allgemeine Hinweise	69	5.0	Übersicht, Arbeitsschritte	90
4.1.6.2	Berechnungen	69	5.1	Reservefaktoren	91
4.2	Berechnung bei zyklischer Beanspruchung	70	5.2	Sensitivitätsanalyse	91
4.2.1	Allgemeines	70	5.3	Partielle Sicherheitsfaktoren auf statistischer Basis	92
4.2.2	Berechnung im Rahmen der LEBM (ΔK)	71	5.4	Probabilistischer Nachweis	93
4.2.2.1	Bruchmechanische Dauerfestigkeit	71	5.5	Zulässigkeitsbewertung	93
4.2.2.2	Rissfortschritt	71	6	Anwendungsbeispiele	95
4.2.3	Berechnung im Rahmen der EPBM (ΔJ)	73	6.0	Übersicht	95
4.2.3.1	Besonderheiten	73	6.1	Welle	96
4.2.3.2	Bruchmechanische Dauerfestigkeit	73	6.2	Geschweißte Platte	98
4.2.3.3	Rissfortschritt	73	6.3	Kastenprofil	102
4.2.3.4	Bewertung von Bauteilen mit kurzen Rissen	73	6.4	Dünnwandige Schweißkonstruktion	106
4.3	Berücksichtigung von Mixed-Mode-Beanspruchung	75	6.5	Spiralgeschweißtes Rohr I	110
4.3.1	Allgemeines	75	6.6	Turbinenwelle	114
4.3.2	Modellbildung	76	6.7	Antriebswelle	118
4.3.2.1	Rissmodell	76	6.8	Gekerbte Scheibe	121
4.3.2.2	Strukturmodell	76			
4.3.2.3	Beanspruchungsparameter	76			
4.3.2.4	Werkstoffkennwerte	78			

6.9	Rohre	127	7.4	Nachschlagetabellen zur Ermittlung der Constraint-Korrektur	331
6.10	Zugplatte mit Oberflächenriss	129	7.5	Zyklische J-Integrale	348
6.11	Rohr mit halbelliptischem Innenriss	133	7.5.1	Halbunendliche Scheibe unter konstanter Spannung mit halbkreisförmigem Oberflächenriss	348
6.12	Spiralgeschweißtes Rohr II	137	7.5.2	Scheibe unter konstanter Spannung mit Rissen in Kerben	349
7	Anhänge	141	7.6	Schweiß eigenspannungen	350
7.0	Allgemeines	141	7.6.1	Allgemeines	350
7.1	Normen und Richtlinien zur ZfP	141	7.6.2	Einfache Abschätzung von Schweiß eigenspannungen	350
7.2	Werkstoffdaten	143	7.6.3	Schweiß eigenspannungsprofile	350
7.2.1	Normwerte	143	7.6.3.1	Allgemeines	350
7.2.2	Bruchmechanische Werkstoffkennwerte bei statischer Beanspruchung	157	7.6.3.2	Platte mit Stumpfnah mit Längsnaht	351
7.2.3	Bruchmechanische Werkstoffkennwerte bei zyklischer Beanspruchung	175	7.6.3.3	Rohr mit Rundstumpfnah	351
7.2.3.1	Empfehlungen aus anderen Regelwerken	175	7.6.3.4	T-Stoß, Plattenverbindung	352
7.2.3.2	Literaturauswertung	177	7.6.3.5	T-Stoß, Rohrverbindung	352
7.2.4	Kennwerte bei Spannungsrissskorrosion	206	7.7	Festigkeitsmismatch in Schweißverbindungen	353
7.3	Spannungsintensitätsfaktoren, Grenzlaster, T-Stress	213	7.7.1	Allgemeine Anmerkungen zum Mismatch-Problem	353
7.3.1	Allgemeines	213	7.7.2	Bruchmechanische Behandlung	353
7.3.2	Scheibe	218	7.7.3	Modifizierte Grenzkurven für statische Beanspruchung	354
7.3.2.1	Scheibe unter Zug und Biegung	218	7.7.3.1	Allgemeines	354
7.3.2.2	Scheibe unter variabler Spannung	240	7.7.3.2	Basis-Ebene	355
7.3.3	Scheibe mit Bohrung	246	7.7.3.3	Erweiterungs-Ebene	357
7.3.4	Scheibe mit Kerbe unter konstanter Spannung	254	7.7.3.4	Weitere Aspekte der Bewertung von Mismatch-Verbindungen	357
7.3.5	Scheibe unter Mixed-Mode-Beanspruchung	268	7.8	Alternative Methoden zur Berücksichtigung von Sekundärspannungen	358
7.3.6	Vollzylinder	273	7.8.1	Interaktionsparameter ρ	358
7.3.6.1	Vollzylinder unter Zug, Biegung und Torsion	273	7.8.2	Interaktionsparameter V_g	359
7.3.6.2	Vollzylinder unter Zug und Biegung	275	7.9	Formelzeichen, Abkürzungen	362
7.3.7	Hohlzylinder	277	7.10	Umrechnungen	368
7.3.7.1	Hohlzylinder unter variabler Spannung mit axialen Rissen	277			
7.3.7.2	Hohlzylinder unter variabler Spannung mit azimutalen Rissen	291			
7.3.7.3	Hohlzylinder unter Innendruck mit axialen Rissen	309			
7.3.7.4	Hohlzylinder unter Innendruck und Biegung mit azimutalen Rissen	315			
7.3.8	Geschweißte Platten mit Oberflächenrissen unter Zug	320			
7.3.9	Schweißnaht mit Festigkeitsmismatch	325			